

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 19 NOV. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI




N° 11354\*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 260599

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>22 NOV 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>22 NOV. 2002</b>		<b>NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b>  Isabelle DUDOUIT THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, avenue du Président Salvador Allende 94117 ARCUEIL Cedex	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> <b>62318</b>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/>			
Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/>			
Demande divisionnaire <input type="checkbox"/>			
Demande de brevet initiale N° _____ Date ____/____/____			
ou demande de certificat d'utilité initiale N° _____ Date ____/____/____			
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> <input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____			
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>  PROCEDE DE VERIFICATION DE L'EFFICACITE DE L'ANTIBROUILLAGE D'UN SYSTEME DE COMMUNICATIONS			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		THALES	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		5 . 5 . 2 . 0 . 5 . 9 . 0 . 2 . 4	
Code APE-NAF		. . . .	
Adresse	Rue	173, boulevard Haussmann	
	Code postal et ville	75008	PARIS
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE <b>12 NOV 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0214685</b>		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : (facultatif)			
<input checked="" type="checkbox"/> <b>MANDATAIRE</b>			
Nom		DUDOUIT	
Prénom		Isabelle	
Cabinet ou Société		THALES	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		8325	
Adresse	Rue	13, avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex
N° de téléphone (facultatif)		01 41 48 45 17	
N° de télécopie (facultatif)		01 41 49 45 01	
Adresse électronique (facultatif)			
<input checked="" type="checkbox"/> <b>INVENTEUR (S)</b>			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
<input checked="" type="checkbox"/> <b>RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
<input checked="" type="checkbox"/> <b>RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<input checked="" type="checkbox"/> <b>SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)  Isabelle DUDOUIT		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  	

L'invention concerne un procédé de vérification de l'efficacité de l'antibrouillage par traitement d'antenne, d'une ou de plusieurs communications spatiales, embarqué sur un satellite géostationnaire, ainsi que sa mise en œuvre à  
5 partir du sol.

L'invention trouve son application dans le domaine de l'antibrouillage des télécommunications spatiales et constitue un outil d'aide à l'optimisation de la planification des débits des liaisons d'un théâtre d'opérations en fonction de la situation de brouillage.

10 L'antibrouillage par traitement d'antenne constitue actuellement la manière la plus efficace de protéger une ou plusieurs communications, spatiales ou radios, vis-à-vis de brouilleurs hostiles. L'antibrouillage par traitement d'antenne consiste à mettre en œuvre une antenne dite adaptative à la réception, dont la  
15 principale propriété est d'adapter en temps réel son diagramme de rayonnement aux signaux reçus, en construisant des trous de diagramme dans la direction des brouilleurs tout en préservant un gain suffisant dans la direction de la ou des liaisons à protéger comme l'illustre la figure 1. Ce résultat peut-être obtenu à partir d'une information minimale sur les liaisons à protéger telle que la connaissance de la position des émetteurs, du théâtre d'opération ou de séquences d'apprentissage  
20 véhiculées par les émetteurs, sans connaissance a priori sur les brouilleurs présents. Toutefois, dans certains cas, l'estimation a priori des positions des brouilleurs peut être avantageusement utilisée par l'antenne adaptative de manière à simplifier les traitements.

La figure 2 représente une antenne adaptative à structure purement spatiale.  
25 Elle est composée d'un réseau de capteurs  $C_i$  ou d'éléments rayonnants, d'un ensemble de chaînes de réception  $CR_i$ , numériques ou analogiques, en aval des capteurs, d'un ensemble de filtres adaptatifs  $F_i$  à un coefficient complexe par capteur dont le rôle est de pondérer en phase et en amplitude les signaux issus des différents capteurs avant sommation et d'un algorithme adaptatif  $A$  dont le rôle est d'adapter en  
30 temps réel les coefficients des filtres adaptatifs de manière à optimiser un critère

fonction de l'information disponible a priori sur les signaux d'intérêts et donc de l'application.

La mise en œuvre de l'antenne adaptative peut se faire de manière analogique, numérique ou hybride. Dans le premier cas, les pondérations sont  
5 calculées et appliquées en analogique alors que dans le second cas elles sont calculées et appliquées en numérique. Dans le dernier cas, le jeu de pondérations complexes est calculé en numérique et recopié en analogique avant sommation.

Pour une implantation numérique, les filtres adaptatifs sont des pondérations complexes alors que pour une implantation analogique ces filtres sont  
10 constitués par la mise en cascade d'un déphaseur et d'un atténuateur variable ou d'une quadrature hybride comme le montre la figure 3.

Dans le contexte des communications spatiales, en absence de brouilleurs, le jeu de pondérations synthétise une couverture (ou un spot) sur la terre, centrée en un point donné et ayant une certaine surface comme le montre la figure 4.  
15 En général la couverture est caractérisée en particulier par la largeur à 3 dB du faisceau formé par le jeu de pondérations. Selon la taille de cette largeur de lobe à 3 dB ou de la surface terrestre éclairée, on parle de couverture théâtre, régionale ou globale, cette dernière correspondant à l'ensemble de la terre. Les stations utiles sont déployées à l'intérieur de la couverture considérée pour une mission donnée et  
20 communiquent entre elles et/ou avec la métropole via le satellite.

Un brouillage issu d'une ou de plusieurs régions terrestres brouille les liaisons utiles montantes (de la terre vers un satellite) et le rôle de l'antenne adaptative est précisément d'antibrouiller les liaisons par création de trous de diagramme d'antenne dans la direction des brouilleurs, situés en dehors ou au sein de  
25 la couverture et captés par les lobes respectivement secondaires et principal de l'antenne.

L'invention concerne un procédé de vérification de l'efficacité de l'antibrouillage, par antenne adaptative, de la liaison montante d'une ou de plusieurs  
30 communications spatiales ainsi que sa mise en œuvre à partir du sol.

L'invention concerne un procédé de vérification de l'antibrouillage dans un système de communications comportant plusieurs capteurs ou antennes adaptatives. Il est caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- estimer la puissance moyenne de la sortie du système de communication,
- 5 ◦ estimer les puissances respectives d'une station  $u$ ,  $P_u$ , ou  $P'u$ , du bruit antenne  $P_a$  ou  $P'a$ , du bruit thermique  $P_T$ , ou  $P'T$ ,
- estimer au moins un des rapports suivants :

$$J_{tot}/S_{tot} = \left( \sum_{p=1}^P P_p \right) / \left( \sum_{u=1}^U P_u \right) \quad (22)$$

$$10 \quad J_{tot}/S_u = \left( \sum_{p=1}^P P_p \right) / P_u \quad (23)$$

$$J_u/S_u = \left( \sum_{p=1}^P P_{pu} \right) / P_u \quad (24)$$

- comparer au moins un des trois rapports à une valeur seuil.

L'invention concerne aussi un système de vérification de l'antibrouillage dans un système de communications comportant plusieurs capteurs ou antennes adaptatives, et un dispositif de pilotage au sol. Il est caractérisé en ce qu'il comporte au moins les éléments suivants : pour une vérification par canal, à partir du sol et pour une bande de réception  $B$ , un calculateur intégré dans le dispositif de pilotage et un calculateur embarqué, les deux calculateurs étant programmés pour exécuter les

20 étapes suivantes :

*Mesure Puissance Voie Comm* : fonction Bord paramétrée du Sol par la fonction *Param VAA Bord*,

*Gain VAA* : fonction Sol,

*Mesure Puissance Voie Com* : fonction bord

25 *Traitement VAA* : fonction Sol.

Selon une autre variante de réalisation, l'invention concerne aussi un système de vérification de l'antibrouillage dans un système de communications

comportant plusieurs capteurs ou antennes adaptatives, un dispositif de pilotage au sol caractérisé en ce qu'il comporte au moins les éléments suivants :

Pour une Vérification par station, un calculateur embarqué et un calculateur au sol, les calculateurs étant programmés pour exécuter les fonctions suivantes :

- 5 *Mesure Puissance Voie Com* : fonction Bord paramétrée du Sol par la fonction *Param VAA Bord*

*Gain VAA* : fonction Sol

*Acquisition Voie Com* : fonction Bord paramétrée du Sol par la fonction *Param VAA Bord*

- 10 *Traitement VAA* : fonction Sol.

L'invention s'applique par exemple dans des systèmes de communications spatiales.

- Le procédé proposé permet à tout moment de savoir si l'antibrouillage  
 15 appliqué est efficace ou non. Dans le cas où il ne l'est pas, l'information issue du procédé permet de modifier les caractéristiques de l'antibrouillage (choix du nombre et du type de voies auxiliaires dans le cas d'un traitement de type OLS (Opposition dans les Lobes Secondaires), paramétrisation alternative d'une présynthèse de zéros (PRS) lorsqu'une information a priori sur la position des brouilleurs est  
 20 disponible.....) pour augmenter son efficacité.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description donnée à titre illustratif et nullement limitatif annexée des figures qui représentent :

- 25 • La figure 1 un diagramme de rayonnement de l'antenne après antibrouillage,  
 • La figure 2 un schéma fonctionnel d'une antenne adaptative à structure spatiale,  
 • La figure 3 un filtre adaptatif purement spatial pour une implémentation analogique,  
 • La figure 4 la couverture délimitée par le faisceau associé au jeu de pondérations  
 30 en absence de brouilleurs,

- La figure 5 une structure de l'antenne adaptative pour une mise en œuvre numérique des filtres,
  - La figure 6 une structure de l'antenne adaptative pour une mise en œuvre analogique des filtres,
- 5 ◦ La figure 7 un schéma fonctionnel du séquençement des opérations de mise en œuvre du système de vérification de l'efficacité de l'antibrouillage.

Le procédé selon l'invention utilise notamment les informations, supposées disponibles a priori, sur la position et la Puissance Isotrope Rayonnée  
 10 Equivalente (PIRE) émise par les stations utiles œuvrant au sein de la couverture, encore appelées informations de théâtre. Il exploite en outre les caractéristiques de l'antenne active utilisée à bord du satellite et en particulier la connaissance des positions et des réponses des ER (Eléments Rayonnants) pour chaque direction de l'espace et chaque polarisation du champ incident, le jeu de pondérations utilisé pour  
 15 l'antibrouillage, le gain et les températures de bruit équivalentes des chaînes de réception analogiques ou numériques en aval des capteurs et, pour une implantation analogique ou hybride du jeu de pondérations, celui de l'éventuelle chaîne de numérisation en sortie d'antenne.

Avant d'exposer le procédé selon l'invention quelques rappels  
 20 concernant les signaux dans un système de communication antibrouillé sont donnés.

**A. Signaux en sortie d'un BFN (abrégié de Beamforming Network ou Réseau Formateur de faisceau) de communication antibrouillé**

Chacun des  $N$  capteurs  $C_i$  du réseau de la figure 2 est supposé recevoir la contribution de  $U$  sources utiles, provenant du théâtre d'opération, de  $P$  brouilleurs  
 25 perturbant les communications et d'un bruit de fond. Tous ces signaux sont supposés être à bande étroite pour le réseau de capteurs.

**A1. Expression pour une mise en œuvre numérique de l'antenne adaptative**

La figure 5 présente la structure de l'antenne adaptative dans le cas d'une mise en œuvre numérique des filtres adaptatifs.

30 Les  $N$  capteurs du réseau correspondent soit à des ER, soit à des sous-réseaux préformés en analogique. Dans le contexte d'une implantation numérique, le



vecteur,  $x(t)$ , des enveloppes complexes des signaux ramenés au point P1 de la figure 5 s'écrit, à l'instant  $t$

$$x(t) = \sum_{u=1}^U s_u(t) S_u + \sum_{p=1}^P j_p(t) J_p + b_a(t) + b_T(t) \quad (1)$$

5

où  $b_a(t)$  est le vecteur bruit au point P1 provenant du réseau de capteurs ou antenne (bruit externe + bruit thermique des chaînes de réception RF),  $b_T(t)$  est le vecteur bruit thermique des chaînes de numérisation ramené en P1,  $j_p(t)$  et  $J_p$  correspondent respectivement à l'enveloppe complexe et au vecteur directeur du brouilleur  $p$ ,  $s_u(t)$  et  $S_u$  correspondent respectivement à l'enveloppe complexe et au vecteur directeur de la station  $u$ .

10

Dans le cas général de capteurs quelconques, la composante  $n$  du vecteur directeur  $S_u$  est donnée par

$$S_{un} = f_n(k_u, \eta_u) \exp(-j k_u r_n) \quad (2)$$

15

où  $k_u$  et  $\eta_u$  sont respectivement le vecteur d'onde et les paramètres de polarisation de la station  $u$ ,  $r_n$  est le vecteur position du capteur  $n$  et  $f_n(k_u, \eta_u)$  est la réponse complexe du capteur  $n$  dans la direction  $k_u$  pour la polarisation  $\eta_u$ .

20

Sous les hypothèses précédentes, l'enveloppe complexe à l'instant  $nT_e$ ,  $y(n)$ , de la sortie échantillonnée du BFN de communication antibrouillé associé au jeu de pondérations  $w$ , s'écrit :

$$y(n) \triangleq w^\dagger G_{num} x(n) = \sum_{u=1}^U s_u(n) w^\dagger G_{num} S_u + \sum_{p=1}^P j_p(n) w^\dagger G_{num} J_p + w^\dagger G_{num} b_a(n) + w^\dagger G_{num} b_T(n) \quad (3)$$

25

où  $T_e$  est la période d'échantillonnage,  $G_{num}$  est la matrice diagonale ( $N \times N$ ) dont les éléments diagonaux sont les gains des chaînes de numérisation

**A2. Expression pour une mise en œuvre analogique ou hybride de l'antenne adaptative**

La figure 6 présente la structure de l'antenne adaptative dans le cas d'une mise en œuvre analogique ou hybride de l'antenne adaptative, c'est-à-dire pour une application analogique des filtres adaptatifs.

Les  $N$  capteurs  $C_i$  du réseau correspondent soit à des ER, soit à des sous-réseaux préformés en analogique. Dans le contexte d'une implantation analogique des filtres, le vecteur,  $x(t)$ , des enveloppes complexes des signaux ramenés au point P1 de la figure 6 s'écrit, à l'instant  $t$

$$x(t) = \sum_{u=1}^U s_u(t) S_u + \sum_{p=1}^P j_p(t) J_p + b_a(t) \quad (4)$$

où  $b_a(t)$  est le vecteur bruit au point P1 provenant du réseau de capteurs actifs (bruit externe + bruit thermique des chaînes de réception RF) et où les autres paramètres sont définis au paragraphe précédent.

Sous les hypothèses précédentes, l'enveloppe complexe,  $y(n)$ , de la sortie échantillonnée du BFN de communication antibrouillé associé au jeu de pondérations  $w$ , s'écrit :

$$\begin{aligned} y(n) &\triangleq \alpha \{ w^\dagger G x(n) + b_T(n) \} \\ &= \alpha \left\{ \sum_{u=1}^U s_u(n) w^\dagger G S_u + \sum_{p=1}^P j_p(n) w^\dagger G J_p + w^\dagger G b_a(n) + b_T(n) \right\} \quad (5) \end{aligned}$$

où  $G$  est la matrice diagonale ( $N \times N$ ) dont les éléments diagonaux sont les gains des chaînes RF,  $w$  le vecteur des pondérations analogiques,  $\alpha$  le gain de la chaîne de numérisation de la sortie du BFN et  $b_T(n)$  le bruit thermique de la chaîne de numérisation de la sortie ramené au point P3.

En pratique, la matrice  $G$  est généralement connue pour une température de référence  $T_0$  et est notée  $G_0$ . Pour une température antenne,  $T_{Ant}$ , la matrice  $G$  n'est plus égale à  $G_0$  mais prend la valeur

$$G = [G_0^2 + (T_{Ant} - T_0) \delta G^2]^{1/2} \quad (6)$$

où  $\delta G$  est un coefficient de variation du gain en amplitude des chaînes RF avec la température et  $I$  est la matrice identité.

### B. Puissance de la sortie d'un BFN de communication antibrouillé

#### 5 B1. Expression pour une mise en œuvre numérique de l'antenne adaptative

En supposant tous les signaux décorrélés les uns des autres, on déduit de l'équation (3) la puissance de la sortie du BFN de communication, dans le cas d'une application numérique des filtres adaptatifs, donnée par

$$10 \quad \pi_y \triangleq \langle E[|y(n)|^2] \rangle = \mathbf{w}^\dagger G_{num} \mathbf{R}_x G_{num}^\dagger \mathbf{w} \quad (7)$$

$$= \sum_{u=1}^U \pi_u |\mathbf{w}^\dagger G_{num} \mathbf{S}_u|^2 + \sum_{p=1}^P \pi_p |\mathbf{w}^\dagger G_{num} \mathbf{J}_p|^2 + (\eta_a + \eta_T) \mathbf{w}^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger \mathbf{w}$$

où  $\langle \cdot \rangle$  correspond à l'opération de moyennage temporel sur un horizon  
 15 d'observation infini,  $\mathbf{R}_x \triangleq \langle E[\mathbf{x}(n) \mathbf{x}(n)^\dagger] \rangle$  est la matrice de corrélation moyennée de  $\mathbf{x}(n)$ ,  $\pi_u \triangleq \langle E[|s_u(n)|^2] \rangle$  est la puissance moyenne de la station  $u$  captée par un ER omnidirectionnel,  $\pi_p \triangleq \langle E[|j_p(n)|^2] \rangle$  est la puissance moyenne du brouilleur  $p$  captée par un ER omnidirectionnel,  $\eta_a$  et  $\eta_T$ , telles que  $\langle E[\mathbf{b}_a(n) \mathbf{b}_a(n)^\dagger] \rangle = \eta_a I$  et  $\langle E[\mathbf{b}_T(n) \mathbf{b}_T(n)^\dagger] \rangle = \eta_T I$ , sont les puissances moyennes équivalentes par capteur et ramenées  
 20 en P1 de bruit, respectivement de l'antenne et thermique, supposés blancs spatialement.

En introduisant les puissances  $P_u, P_p, P_a, P_T$ , respectivement de la station  $u$ , du brouilleur  $p$ , du bruit de l'antenne  $a$  et du bruit thermique des chaînes de numérisation en sortie du BFN de communications, définies respectivement par

25

$$P_u = \pi_u |\mathbf{w}^\dagger G_{num} \mathbf{S}_u|^2 \quad (8)$$

$$P_p = \pi_p |\mathbf{w}^\dagger G_{num} \mathbf{J}_p|^2 \quad (9)$$

$$P_a = \eta_a \mathbf{w}^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger \mathbf{w} \quad (10)$$

$$P_T = \eta_T \mathbf{w}^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger \mathbf{w} \quad (11)$$

l'expression (7) prend la forme suivante

$$\pi_y = \sum_{u=1}^U P_u + \sum_{p=1}^P P_p + P_a + P_T \quad (12)$$

5 Les puissances  $\eta_a$  et  $\eta_T$  sont données par

$$\eta_a = k T_a B \quad (13)$$

$$\eta_T = k T_T B \quad (14)$$

où  $k$  est la constante de Boltzman,  $B$  la bande de réception et  $T_a$  et  $T_T$  sont les températures de bruit de l'antenne et de bruit thermique, équivalentes par capteur en  
 10 P1. La température de bruit thermique équivalente en P1 par capteur,  $T_T$ , se calcule à partir de la température ambiante,  $T_{amb}$ , et des facteurs de bruit des éléments de la chaîne de numérisation pour le capteur considéré. En pratique, la température de bruit antenne équivalente en P1 est généralement connue pour une température de référence  $T_0$  et est notée  $T_{a0}$ . Pour une température antenne,  $T_{Ant}$ , la température de  
 15 bruit  $T_a$  n'est plus égale à  $T_{a0}$  mais prend la valeur

$$T_a = T_{a0} + (T_{Ant} - T_0) \delta T \quad (15)$$

où  $\delta T$  est un gradient de température de bruit par rapport à la température de l'antenne, connu a priori.

Par ailleurs, la puissance  $\pi_u$  de la station  $u$  est liée à sa PIRE,  $PIRE(u)$ ,  
 20 par l'expression suivante

$$\pi_u = PIRE(u) \left( \lambda / 4 \pi r_u \right)^2 \quad (16)$$

où  $\lambda$  est la longueur d'onde de l'onde porteuse et  $r_u$  la distance entre la station  $u$  et le  
 25 satellite. Une relation similaire relie la puissance  $\pi_p$  du brouilleur  $p$  et sa PIRE,  $PIRE(p)$ .

## B2. Expression pour une mise en œuvre analogique des filtres adaptatifs

Toujours sous l'hypothèse de signaux décorrelés les uns des autres, on déduit de l'expression (5) la puissance de la sortie du BFN de communication, dans le cas d'une application analogique des filtres adaptatifs, s'exprimant

$$\begin{aligned}
 5 \quad \pi_y &\triangleq \langle E[|y(n)|^2] \rangle = |\alpha|^2 \{ w^\dagger G R_x G^\dagger w + \eta_T \} \\
 &= |\alpha|^2 \left\{ \sum_{u=1}^U \pi_u |w^\dagger G S_u|^2 + \sum_{p=1}^P \pi_p |w^\dagger G J_p|^2 + \eta_a w^\dagger G G^\dagger w + \eta_T \right\} \quad (17)
 \end{aligned}$$

où  $\eta_a$ , telle que  $\langle E[b_a(n) b_a(n)^\dagger] \rangle = \eta_a I$ , est la puissance moyenne, au point P1, de  
 10 bruit par capteur provenant du réseau actif (bruit externe + bruit thermique des chaînes de réception),  $\eta_T \triangleq \langle E[|b_T(n)|^2] \rangle$  est la puissance moyenne de bruit thermique issu de la chaîne de numérisation ramené en P3. Les quantités  $\eta_a$  et  $\eta_T$  sont définies respectivement par (13) et (14) où  $T_a$  est la température de bruit équivalente par capteur de l'antenne active en P1 et où  $T_T$  est la température de bruit  
 15 thermique équivalente issue de la chaîne de numérisation et ramenée en P3. De même, les puissances  $\pi_u$  et  $\pi_p$  sont liées aux PIRE par l'expression (16).

En introduisant les puissances  $P'_u$ ,  $P'_p$ ,  $P'_a$ ,  $P'_T$ , respectivement de la station  $u$ , du brouilleur  $p$ , du bruit de l'antenne et du bruit thermique de la chaîne de numérisation en sortie du BFN de communications, définies respectivement par

20

$$P'_u = |\alpha|^2 \pi_u |w^\dagger G S_u|^2 \quad (18)$$

$$P'_p = |\alpha|^2 \pi_p |w^\dagger G J_p|^2 \quad (19)$$

$$P'_a = |\alpha|^2 \eta_a w^\dagger G G^\dagger w \quad (20)$$

$$P'_T = |\alpha|^2 \eta_T \quad (21)$$

25 l'expression (17) prend la forme (12).

### Principe de l'invention

Les étapes du procédé selon l'invention reposent notamment sur l'idée suivante : à partir d'une estimation de la puissance moyenne,  $\pi_y$ , de la sortie du BFN de communication et des estimées des quantités  $P_u$ ,  $P_a$  et  $P_T$ ,  $P'_u$ ,  $P'_a$  et  $P'_T$ , le

procédé permet d'estimer l'efficacité de l'antibrouillage. Ceci est réalisé notamment en estimant différents rapports brouilleurs résiduels sur station, dans la bande de réception, en sortie du BFN de communication.

Par exemple, selon un exemple de mise en œuvre, le procédé utilise trois  
 5 rapports brouilleurs résiduels sur station, dont les valeurs permettent d'évaluer l'efficacité de l'antibrouillage ou du jeu de pondérations  $w$  considéré en sortie du BFN de communications. Les trois rapports considérés dans la suite du document correspondent :

- 10 - au rapport des puissances respectivement de la somme des brouilleurs résiduels et de la somme des stations dans la bande de réception  $B$ , appelé par la suite (J/S par canal) et noté  $J_{tot}/S_{tot}$
- au rapport des puissances respectivement de la somme des brouilleurs résiduels et de la station  $u$  dans la bande de réception  $B$ , appelé par la suite (J/ $S_u$  par canal) et noté  $J_{tot}/S_u$
- 15 - au rapport des puissances respectivement de la somme des brouilleurs résiduels et de la puissance d'une station, dans la bande  $B_u$  de la station, appelé par la suite (J/S par station ou par liaison) et noté, pour la station  $u$ ,  $J_u/S_u$ .

Ces quantités sont définies respectivement par

20

$$J_{tot}/S_{tot} = \left( \sum_{p=1}^P P_p \right) / \left( \sum_{u=1}^U P_u \right) \quad (22)$$

$$J_{tot}/S_u = \left( \sum_{p=1}^P P_p \right) / P_u \quad (23)$$

$$25 \quad J_u/S_u = \left( \sum_{p=1}^P P_{pu} \right) / P_u \quad (24)$$

où  $P_{pu}$  est la puissance du brouilleur  $p$  dans la bande  $B_u$ .

La quantité  $P_u$ ,  $P'_u$  définie respectivement par (8) ou (18), s'estime à partir de la connaissance a priori du théâtre d'opération (PIRE et position des stations utiles), de la fréquence centrale de la bande de réception, des réponses des capteurs du réseau, du jeu de pondérations  $w$  ainsi que des gains des chaînes de réception et  
 5 numérisation,  $G_{num}$ ,  $G$ ,  $\alpha$ , connus a priori ou calculés par (6) à partir de la température de l'antenne et du paramètre  $\delta G$ .

La quantité  $P_a$ ,  $P'_a$  définie respectivement par (10) ou (20), s'estime à partir de la connaissance a priori du jeu de pondération  $w$ , des gains des chaînes de réception et/ou numérisation,  $G_{num}$ ,  $G$ ,  $\alpha$ , connus a priori ou calculés par (6) à partir  
 10 de la température de l'antenne et du paramètre  $\delta G$ , ( $\delta G$  est un coefficient de variation du gain en amplitude des chaînes RF avec la température) ainsi que de la température de bruit équivalente de l'antenne,  $T_a$ , en P1 elle-même fonction de la température de l'antenne,  $T_{Ant}$ , de la température de référence  $T_0$ , de la température de bruit de l'antenne,  $T_{a0}$ , en P1 à la température  $T_0$  et de la variation de température de bruit,  
 15  $\delta T$ , avec la température.

Enfin, la quantité  $P_T$ ,  $P'_T$  définie par (11) ou (21), s'estime, pour une implantation numérique, à partir de la connaissance a priori du jeu de pondérations  $w$ , des gains des chaînes de numérisation,  $G_{num}$ , ainsi que de la température de bruit thermique équivalente par capteur en P1,  $T_r$ . Pour une implantation analogique des  
 20 filtres, la quantité  $P_T$  s'estime à partir de la connaissance du gain,  $\alpha$ , de la chaîne de numérisation en sortie du BFN et de la température de bruit thermique de celle-ci ramenée en P3,  $T_r$ . Dans les deux cas, la quantité  $T_r$  s'estime à partir de la température ambiante  $T_{amb}$  et des facteurs de bruit des éléments constituant la ou les chaînes de numérisation.

### 25 C. Estimation des J/S en sortie du BFN de communication

L'estimation des rapports définis par les expressions (22) à (24) nécessite, pour une implantation numérique des filtres, celle des quantités  $\pi_y$ ,  $P_u$ ,  $P_a$  et  $P_T$  définies, , respectivement par (7), (8), (10) et (11) et, pour une implantation analogique des filtres, celles des quantités  $P'_u$ ,  $P'_a$  et  $P'$ , définies respectivement par  
 30 (17), (18), (20) et (21).

### C1. Estimation de $\pi_y$

Le procédé estime la puissance moyenne  $\pi_y$  de la sortie du BFN de communication à partir d'un nombre  $K$  d'échantillons,  $y(k)$ ,  $1 \leq k \leq K$ , de cette sortie. Pour un facteur de suréchantillonnage suffisant, un estimateur asymptotiquement non  
5 biaisé de cette puissance moyenne est donné par

$$\hat{\pi}_y \triangleq \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K |y(k)|^2 \quad (25)$$

Cet estimateur devient consistant pour des sorties stationnaires et  
10 ergodiques ou des sorties cyclostationnaires et cycloergodiques.

### C2. Estimation de $P_u$

Le procédé estime  $\hat{P}_u, \hat{P}'_u$  de la puissance  $P_u, P'_u$  définie par (8) ou (18), en utilisant d'une part, la connaissance a priori des paramètres  $w$  et  $G_{num}$  pour une application numérique des filtres adaptatifs et  $|\alpha|^2, w$  et  $G$  pour une application  
15 analogique de ces filtres et d'autre part l'estimation des paramètres  $\pi_u$  et  $S_u$ .

Le jeu de pondérations appliqué  $w$  est connu en permanence alors que les gains matriciel  $G_{num}$  et scalaire  $|\alpha|^2$  des chaînes de numérisation sont des paramètres réglables du sol par l'opérateur de manière à optimiser l'utilisation de la dynamique du ou des CAN en fonction de l'environnement de brouillage. La matrice  $G$  des gains  
20 en amplitude des chaînes de réception analogiques est maîtrisée, via l'expression (6), à partir de la connaissance de la matrice  $G_0$  des gains pour la température de référence  $T_0$ , du paramètre  $\delta G$  et du contrôle permanent de la température de l'antenne  $T_{Ant}$ .

La puissance moyenne,  $\pi_u$ , de la station  $u$ , reçue par un capteur  
25 omnidirectionnel s'estime par l'expression (16) où la PIRE,  $PIRE(u)$ , de la station  $u$  est connue a priori et répertoriée dans un plan de mission, où  $\lambda$  est déduit du canal fréquentiel considéré et où  $r_u$  est déduit, pour un satellite géostationnaire, de la position de la station  $u$  sur la terre.



Enfin, le vecteur directeur  $S_u$ , dont la composante  $n$  est donnée par (2), se déduit de la connaissance a priori des positions,  $r_n$ , des capteurs du réseau, du vecteur d'onde  $k_u$  via la position de la station  $u$ , de la polarisation,  $\eta_u$ , de la station  $u$  et des réponses complexes  $f_n(k_u, \eta_u)$  des capteurs pour le vecteur d'onde  $k_u$  et la polarisation  $\eta_u$ .

### C3. Estimation de $P_a$

Le procédé estime  $\hat{P}_a, \hat{P}'_a$  de la puissance  $P_a, P'_a$  définie par (10) ou (20), en utilisant d'une part, la connaissance a priori des paramètres  $w$  et  $G_{num}$  pour une application numérique des filtres adaptatifs et  $|\alpha|^2$ ,  $w$  et  $G$  pour une application analogique de ces filtres et d'autre part l'estimation du paramètre  $\eta_a$ .

La maîtrise des paramètres  $w, G_{num}, G$  et  $|\alpha|^2$  est discutée au paragraphe précédent. L'estimation de la puissance,  $\eta_a$ , du bruit de l'antenne par capteur au point P1 se calcule par l'expression (13) où la température de bruit équivalente de l'antenne,  $T_a$ , en P1 s'obtient par l'expression (15) à partir de la connaissance a priori de la température de référence  $T_0$ , de la température de bruit de l'antenne,  $T_{a0}$ , en P1 à la température  $T_0$ , de la variation de la température de bruit,  $\delta T$ , avec la température et de la mesure permanente de la température de l'antenne  $T_{Ant}$ .

### C4. Estimation de $P_T$

Le procédé estime,  $\hat{P}_T, \hat{P}'_T$  de la puissance  $P_T, P'_T$  définie par (11) ou (21), et requiert d'une part, la connaissance a priori des paramètres  $w$  et  $G_{num}$  pour une application numérique des filtres adaptatifs et  $|\alpha|^2$  pour une application analogique de ces filtres et d'autre part l'estimation du paramètre  $\eta_T$ .

La maîtrise des paramètres  $w, G_{num}$  et  $|\alpha|^2$  est donnée au paragraphe B. L'estimation de la puissance,  $\eta_T$ , s'effectue à partir de l'expression (14) où  $T_T$  est la température de bruit thermique équivalente d'une chaîne de numérisation capteur ramenée en P1, pour une application des filtres adaptatifs en numérique, et de la chaîne de numérisation de la sortie du BFN ramené en P3, pour une application des filtres en analogique. Dans les deux cas, la quantité  $T_T$  s'estime à partir de la température ambiante  $T_{amb}$  et des facteurs de bruit des éléments constituant la ou les chaînes de numérisation.

Ayant estimé les différentes valeurs  $\pi_y$ ,  $P_u$ ,  $P_a$  et  $P_T$ , le procédé estime au moins un des trois rapports  $\hat{J}_{tot} / \hat{S}_{tot}$ ,  $\hat{J}_{tot} / \hat{S}_u$ ,  $\hat{J} / \hat{S}_u$ ,

Les expressions ont été données pour le cas d'une application numérique des filtres adaptatifs et restent valables en échangeant les lettres,  $P_u$ ,  $P_a$  et  $P_T$ , par les lettres,  $P'_u$ ,  $P'_a$  et  $P'_T$ , pour une application analogique des filtres adaptatifs.

#### C5. Estimation de $J_{tot}/S_{tot}$

A partir des estimations précédentes, on en déduit une estimation,  $\hat{J}_{tot} / \hat{S}_{tot}$ , du rapport  $J_{tot}/S_{tot}$  défini par (22), donnée par

$$10 \quad \hat{J}_{tot} / \hat{S}_{tot} = (\hat{\pi}_y - \sum_{u=1}^U \hat{P}_u - \hat{P}_a - \hat{P}_T) / (\sum_{u=1}^U \hat{P}_u) \quad (26)$$

#### C6. Estimation de $J_{tot}/S_u$

A partir des estimations précédentes, le procédé en déduit une estimation,  $\hat{J}_{tot} / \hat{S}_u$ , du rapport  $J_{tot}/S_u$  défini par (23), donnée par

$$15 \quad \hat{J}_{tot} / \hat{S}_u = (\hat{\pi}_y - \sum_{u=1}^U \hat{P}_u - \hat{P}_a - \hat{P}_T) / \hat{P}_u \quad (27)$$

#### C7. Estimation de $J/S_u$

L'estimation,  $\hat{J} / \hat{S}_u$ , du rapport  $J/S_u$  défini par l'expression (24), nécessite l'estimation de la puissance totale de brouilleurs résiduels dans la bande  $B_u$  de la station utile  $u$ . Cette estimation nécessite les opérations suivantes :

- 20 - réception des échantillons,  $y(k)$ , de la sortie  $y(t)$  du BFN de communication.
- filtrage passe-bande des échantillons autour de la bande  $B_u$ . On obtient les échantillons  $y_u(k)$ .
- estimation de la puissance de la sortie filtrée par (25) où  $y_u(k)$  remplace  $y(k)$ . On obtient  $\hat{\pi}_{yu}$
- 25 - estimation des puissances de bruit respectivement antenne et thermique en sortie du BFN dans la bande  $B_u$ . Ces quantités se calculent, à partir des températures de bruit équivalentes calculées précédemment, par les expressions respectivement (13) et (14) où  $B$  est remplacé par  $B_u$ . On obtient ainsi  $\hat{P}_{au}$  et  $\hat{P}_{Tu}$ .

- calcul de la puissance des stations  $v$  autres que la station  $u$  dans la bande  $B_u$  en sortie du BFN de communications. La démarche est celle de l'étape B mais où, pour chaque station  $v$  différentes de  $u$ , la PIRE utilisée dans le calcul de  $\hat{\pi}_v$  est celle de la station  $v$  dans la bande  $B_u$ . On obtient ainsi les quantités  $\hat{P}_{vu}$ .
- calcul du rapport  $\hat{J}/\hat{S}_u$  par l'expression

$$\hat{J}/\hat{S}_u = (\hat{\pi}_{yu} - \hat{P}_u - \sum_{v \neq u} \hat{P}_{vu} - \hat{P}_{au} - \hat{P}_{Tu}) / \hat{P} \quad (28)$$

Connaissant au moins l'estimée d'au moins un des trois rapports, le procédé compare la ou les valeurs estimées à une valeur seuil  $V_s$ .

Si la valeur trouvée est au-dessus de cette valeur seuil, le procédé émet un message d'inefficacité de l'antibrouillage. Dans le cas contraire le message avertit par exemple un opérateur que l'efficacité de brouillage est suffisante.

Les valeurs seuils tiennent compte d'une part de la puissance de brouillage admissible par station ou par canal pour assurer la démodulation des stations du canal et d'autre part, de la précision d'estimation des rapports précédents. Les calculs de précision effectués aux paragraphes Di montrent que pour des rapports brouilleurs sur stations en sortie supérieurs à 0 dB, la précision d'estimation de ces rapports par le procédé proposé est très bonne alors que cette précision est décroissante avec les rapports brouilleurs sur signal en sortie. Dans ce contexte, on pourra considérer que l'antibrouillage n'est pas efficace si les rapports brouilleurs sur station en sortie dépassent 0 dB.

Ainsi, la maîtrise de la précision avec laquelle les estimateurs données ci-dessus estiment les différents rapports Brouilleur/Station considérés permet notamment une exploitation opérationnelle efficace de ces estimateurs. Pour cette raison, le procédé peut comporter une étape de détermination de la précision de chacun de ces trois estimateurs.

#### D1. Précision d'estimation de $\pi_y$

L'estimée  $\hat{\pi}_y$  est reliée à  $\pi_y$  par l'expression suivante :

$$\hat{\pi}_y \triangleq \pi_y (1 + \Delta\pi_y) \quad (29)$$

où  $\Delta\pi_y$  caractérise l'erreur sur l'estimation de  $\Delta\pi_y$ . l'expression précédente exprimée en dB devient

$$(\hat{\pi}_y)_{dB} = (\pi_y)_{dB} + 10\log_{10}(1 + \Delta\pi_y) \triangleq (\pi_y)_{dB} + \Delta(\pi_y)_{dB} \quad (30)$$

5 En supposant les échantillons  $y(k)$  indépendants (toutes les sources sont étalées dans la bande B de réception), stationnaires et Gaussiens, l'estimateur (25) est non biaisé ( $E[\hat{\pi}_y] = \pi_y$ ) et de variance

$$\text{Var}[\hat{\pi}_y] = \pi_y^2 / K \quad (31)$$

10

soit un écart type de

$$\sigma[\hat{\pi}_y] = \pi_y / \sqrt{K} \quad (32)$$

15 Ainsi, dans 99% des cas, l'estimateur  $\hat{\pi}_y$  est tel que

$$\pi_y (1 - 3 / \sqrt{K}) \leq \hat{\pi}_y \leq \pi_y (1 + 3 / \sqrt{K}) \quad (33)$$

où  $\Delta\pi_y$  est une variable aléatoire centrée, quasi-Gaussienne pour  $K$  grand et d'écart type  $1 / \sqrt{K}$ . Ainsi, dans 99% des cas,

20

$$-3 / \sqrt{K} \leq \Delta\pi_y \leq 3 / \sqrt{K} \quad (34)$$

$$10\log_{10}(1 - 3 / \sqrt{K}) \leq \Delta(\pi_y)_{dB} \leq 10\log_{10}(1 + 3 / \sqrt{K}) \quad (35)$$

#### Application numérique :

25 Pour  $K = 1000$ , on obtient

$$-0.4 \text{ dB} \leq \Delta(\pi_y)_{dB} \leq 0.4 \text{ dB} \quad \text{soit une précision de } \pm 0.4 \text{ dB.}$$

30

## D2. Précision d'estimation de $P_u$

Des expressions (8), (16) et (18), on déduit l'expression de la puissance  $P_u$  en sortie du BFN de communication pour une application des filtres respectivement numérique et analogique, donnée respectivement par

5

$$P_u = \text{PIRE}(u) (\lambda / 4 \pi r_u)^2 |\mathbf{w}^\dagger G_{num} \mathbf{S}_u|^2 \quad (36)$$

$$P'_u = \text{PIRE}(u) (\lambda / 4 \pi r_u)^2 |\alpha|^2 |\mathbf{w}^\dagger G \mathbf{S}_u|^2 \quad (37)$$

Dès lors, la puissance de la station  $u$ ,  $\hat{P}_u$ , reconstruite à partir des informations sur la mission s'écrit, pour une application respectivement numérique et analogique des filtres

$$\begin{aligned} \hat{P}_u &\triangleq P_u(1 + \Delta P_u) = P_u(1 + \Delta \text{PIRE}(u)) (1 + \Delta |\mathbf{w}^\dagger G_{num} \mathbf{S}_u|^2) \quad (38) \\ \hat{P}'_u &\triangleq P'_u(1 + \Delta P'_u) = P'_u(1 + \Delta \text{PIRE}(u)) (1 + \Delta |\alpha|^2) (1 + \Delta |\mathbf{w}^\dagger G \mathbf{S}_u|^2) \end{aligned}$$

15

où les quantités  $\Delta \text{PIRE}(u)$ ,  $\Delta |\alpha|^2$ ,  $\Delta |\mathbf{w}^\dagger G_{num} \mathbf{S}_u|^2$  et  $\Delta |\mathbf{w}^\dagger G \mathbf{S}_u|^2$  sont les erreurs sur les connaissances respectives de  $\text{PIRE}(u)$ ,  $|\alpha|^2$ ,  $|\mathbf{w}^\dagger G_{num} \mathbf{S}_u|^2$  et  $|\mathbf{w}^\dagger G \mathbf{S}_u|^2$ .

On déduit des expressions précédentes celle de  $\hat{P}_u$  en dB, donnée par

$$(\hat{P}_u)_{dB} = (P_u)_{dB} + 10 \log_{10}(1 + \Delta P_u) \triangleq (P_u)_{dB} + \Delta(P_u)_{dB} \quad (40)$$

20

où, pour une application des filtres en numérique

$$\Delta(P_u)_{dB} = \Delta(\text{PIRE}(u))_{dB} + \Delta(|\mathbf{w}^\dagger G_{num} \mathbf{S}_u|^2)_{dB} \quad (41)$$

alors que pour une application des filtres en analogique

$$\Delta(P'_u)_{dB} = \Delta(\text{PIRE}(u))_{dB} + \Delta(|\alpha|^2)_{dB} + \Delta(|\mathbf{w}^\dagger G \mathbf{S}_u|^2)_{dB} \quad (42)$$

25

### Application numérique :

Par exemple, si on suppose que

- l'incertitude sur la PIRE des stations,  $\Delta(\text{PIRE}(u))_{dB}$ , est de  $\pm 2$  dB

- l'incertitude sur le gain de la chaîne de numérisation de la sortie du BFN,  $\Delta(|\alpha|^2)_{dB}$ , est de  $\pm 0.5$  dB (à cause des dérives en températures et de l'application effective du gain)
  - l'incertitude,  $\Delta(|w^\dagger G_{num} S_u|^2)_{dB}$ , est de  $\pm 1$  dB à cause de  $\pm 0.5$  dB d'incertitude sur les gains des chaînes de numérisation et de  $\pm 0.5$  dB d'incertitude sur les composantes du vecteur directeur  $S_u$  à cause des incertitudes sur la position de la station et sur les réponses des capteurs
  - l'incertitude,  $\Delta(|w^\dagger G S_u|^2)_{dB}$ , est de  $\pm 1$  dB pour les mêmes raisons que précédemment
- on obtient  $\Delta(P_u)_{dB} = \pm 3$  dB pour une application numérique des filtres et  $\Delta(P_u)_{dB} = \pm 3.5$  dB pour une application analogique des filtres.

### D3. Précision d'estimation de $P_a$

Des expressions (10), (13) et (20), on déduit les expressions de la puissance  $P_a$  en sortie du BFN de communication pour une application des filtres respectivement numérique et analogique, données respectivement par

$$P_a = k T_a B w^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger w \quad (43)$$

$$P'_a = k T_a B |\alpha|^2 w^\dagger G G^\dagger w \quad (44)$$

Dès lors, la puissance de bruit antenne,  $\hat{P}_a$ , reconstruite à partir des informations sur les chaînes de réception, le jeu de pondérations complexes et la température de bruit antenne s'écrit, pour une application respectivement numérique et analogique des filtres

$$\hat{P}_a \triangleq P_a(1 + \Delta P_a) = P_a(1 + \Delta T_a)(1 + \Delta(w^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger w)) \quad (45)$$

$$\hat{P}'_a \triangleq P'_a(1 + \Delta P'_a) = P'_a(1 + \Delta T_a)(1 + \Delta|\alpha|^2)(1 + \Delta(w^\dagger G G^\dagger w)) \quad (46)$$

où les quantités  $\Delta T_a$ ,  $\Delta|\alpha|^2$ ,  $\Delta(w^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger w)$  et  $\Delta(w^\dagger G G^\dagger w)$  sont les erreurs sur les connaissances respectives de  $T_a$ ,  $|\alpha|^2$ ,  $w^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger w$  et  $w^\dagger G G^\dagger w$ .

On déduit des expressions précédentes celle de  $\hat{P}_a$  en dB, donnée par

$$(\hat{P}_a)_{dB} = (P_a)_{dB} + 10 \log_{10}(1 + \Delta P_a) \triangleq (P_a)_{dB} + \Delta(P_a)_{dB} \quad (47)$$

où, pour une application des filtres en numérique

$$\Delta(P_a)_{dB} = \Delta(T_a)_{dB} + \Delta(w^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger w)_{dB} \quad (48)$$

alors que pour une application des filtres en analogique

5

$$\Delta(P'_a)_{dB} = \Delta(T_a)_{dB} + \Delta(w^\dagger G G^\dagger w)_{dB} + \Delta(|\alpha|^2)_{dB} \quad (49)$$

#### Application numérique :

*Par exemple, si on suppose que*

10

- l'incertitude sur la température antenne est de  $\pm 0.5$  dB
- l'incertitude sur le gain de la chaîne de numérisation de la sortie du BFN,  $\Delta(|\alpha|^2)_{dB}$ , est de  $\pm 0.5$  dB (à cause des dérives en températures et de l'application effective du gain)
- les incertitudes,  $\Delta(w^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger w)_{dB}$  et  $\Delta(w^\dagger G G^\dagger w)_{dB}$  sont de  $\pm 0.5$  dB à cause

15

de  $\pm 0.5$  dB d'incertitude sur les gains des chaînes RF et de numérisation

on obtient  $\Delta(P_a)_{dB} = \pm 1$  dB pour une application numérique des filtres et  $\Delta(P_w)_{dB} = \pm 1.5$  dB pour une application analogique des filtres.

#### **D4. Précision d'estimation de $P_T$**

Des expressions (11), (14) et (21), on déduit les expressions de la puissance  $P_T$  en sortie du BFN de communication pour une application des filtres respectivement numérique et analogique, données respectivement par

$$P_T = k T_T B w^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger w \quad (50)$$

$$P'_T = k T_T B |\alpha|^2 \quad (51)$$

25

où  $T_T$  a un sens différent suivant la nature de l'implémentation. Dès lors, la puissance de bruit thermique,  $\hat{P}_T$ , reconstruite à partir des informations sur les chaînes de réception, le jeu de pondérations complexes et la température de bruit thermique en P1 pour une implantation numérique et en P3 pour une implantation analogique, s'écrit, pour une application respectivement numérique et analogique des filtres

30

$$\hat{P}_T \triangleq P_T(1 + \Delta P_T) = P_T(1 + \Delta T_T) (1 + \Delta(w^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger w)) \quad (52)$$

$$\hat{P}'_T \triangleq P'_T(1 + \Delta P'_T) = P'_T(1 + \Delta T_T)(1 + \Delta|\alpha|^2) \quad (53)$$

où les quantités  $\Delta T_T$ ,  $\Delta|\alpha|^2$  et  $\Delta(w^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger w)$  sont les erreurs sur les connaissances respectives de  $T_T$ ,  $|\alpha|^2$  et  $w^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger w$ .

5 On déduit des expressions précédentes celle de  $\hat{P}_T$  en dB, donnée par

$$(\hat{P}_T)_{dB} = (P_T)_{dB} + 10 \log_{10}(1 + \Delta P_T) \triangleq (P_T)_{dB} + \Delta(P_T)_{dB} \quad (54)$$

où, pour une application des filtres en numérique

10 
$$\Delta(P_T)_{dB} = \Delta(T_T)_{dB} + \Delta(w^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger w)_{dB} \quad (55)$$

alors que pour une application des filtres en analogique

15 
$$\Delta(P'_T)_{dB} = \Delta(T_T)_{dB} + \Delta(|\alpha|^2)_{dB} \quad (56)$$

Application numérique :

Par exemple, si on suppose que

- l'incertitude sur la température de bruit thermique est de  $\pm 0.5$  dB
- l'incertitude sur le gain de la chaîne de numérisation de la sortie du

20 BFN,  $\Delta(|\alpha|^2)_{dB}$ , est de  $\pm 0.5$  dB (à cause des dérives en températures et de l'application effective du gain)

- les incertitudes,  $\Delta(w^\dagger G_{num} G_{num}^\dagger w)_{dB}$  sont de  $\pm 0.5$  dB à cause de  $\pm 0.5$  dB d'incertitude sur les gains des chaînes RF et de numérisation

on obtient  $\Delta(P_T)_{dB} = \pm 1$  dB pour une application des filtres aussi bien numérique

25 qu'analogique.

**E. Précision d'estimation de  $S_{tot}$**

L'estimation,  $\hat{S}_{tot}$ , de  $S_{tot}$  s'écrit

$$\hat{S}_{tot} \triangleq S_{tot}(1 + \Delta S_{tot}) = \sum_{u=1}^U \hat{P}_u = \sum_{u=1}^U P_u(1 + \Delta P_u) \quad (57)$$



soit en dB

$$(\hat{S}_{tot})_{dB} = (S_{tot})_{dB} + 10 \log_{10}(1 + \Delta S_{tot}) \triangleq (S_{tot})_{dB} + \Delta(S_{tot})_{dB} \quad (58)$$

où

$$\Delta(S_{tot})_{dB} = 10 \log_{10} \left( 1 + \frac{\sum_u^U P_u \Delta P_u}{\sum_u^U P_u} \right) \quad (59)$$

#### Application numérique :

Par exemple, si on suppose que la précision sur la puissance des stations est identique pour toutes les stations, on obtient  $\Delta(S_{tot})_{dB} \approx \Delta(P_u)_{dB} \approx \pm 3 \text{ dB}$  ou  $\pm 3.5 \text{ dB}$  selon la nature de l'implantation

#### **F. Précision d'estimation de $J_{tot}$**

L'estimation,  $\hat{J}_{tot}$ , de  $J_{tot}$  s'écrit

$$\hat{J}_{tot} \triangleq J_{tot}(1 + \Delta J_{tot}) = \hat{\pi}_y - \sum_{u=1}^U \hat{P}_u - \hat{P}_a - \hat{P}_T \quad (60)$$

$$= \pi_y(1 + \Delta \pi_y) - \sum_{u=1}^U P_u(1 + \Delta P_u) - P_a(1 + \Delta P_a) - P_T(1 + \Delta P_T) \quad (61)$$

soit en dB

$$(\hat{J}_{tot})_{dB} = (J_{tot})_{dB} + 10 \log_{10}(1 + \Delta J_{tot}) \triangleq (J_{tot})_{dB} + \Delta(J_{tot})_{dB} \quad (62)$$

où

$$\Delta(J_{tot})_{dB} = 10 \log_{10} \left( 1 + \frac{\pi_y \Delta \pi_y - \sum_u^U P_u \Delta P_u - P_a \Delta P_a - P_T \Delta P_T}{\pi_y - \sum_u^U P_u - P_a - P_T} \right) \quad (63)$$

On déduit de ce résultat que la précision d'estimation de  $J_{tot}$  dépend des contributions relatives de signal et de brouilleur en sortie échantillonnée du BFN de communication.

Plus précisément, pour des résidus de brouillage très forts devant les stations (soit à cause d'une absence d'antibrouillage, soit à cause d'un antibrouillage peu performant, en présence d'un brouillage fort en entrée), on déduit de (63) que la précision sur  $J_{tot}$  avoisine la précision sur  $\pi_y$ .

Application numérique :

Dans ces conditions,  $\Delta(J_{tot})_{dB} \approx \Delta(\pi_y)_{dB} \approx \pm 0.4 \text{ dB}$ .

En revanche, pour des résidus de brouillage très faibles devant les stations (soit à cause d'une absence de brouillage, soit à cause d'un antibrouillage performant), la puissance totale est proche de celle des utiles et l'erreur peu devenir très importante.

**G . Précision d'estimation de  $J_{tot} / S_u$**

L'estimation,  $\text{Est}[J_{tot} / S_u]$ , de  $J_{tot} / S_u$  s'écrit

$$\text{Est}[J_{tot} / S_u] \triangleq (J_{tot} / S_u) (1 + \Delta(J_{tot} / S_u)) = \hat{J}_{tot} / \hat{S}_u \quad (64a)$$

$$= \frac{\pi_y (1 + \Delta\pi_y) - \sum^U P_u (1 + \Delta P_u) - P_a (1 + \Delta P_a) - P_T (1 + \Delta P_T)}{P_u (1 + \Delta P_u)} \quad (64b)$$

d'où (65)

$$(1 + \Delta(J_{tot} / S_u)) = [1 / (1 + \Delta P_u)] \left( 1 + \frac{\pi_y \Delta\pi_y - \sum^U P_u \Delta P_u - P_a \Delta P_a - P_T \Delta P_T}{\pi_y - \sum^U P_u - P_a - P_T} \right)$$

soit en dB

$$\Delta(J_{tot} / S_u)_{dB} = 10 \log_{10} \left( [1 / (1 + \Delta P_u)] \left( 1 + \frac{\pi_y \Delta \pi_y - \sum_{u=1}^U P_u \Delta P_u - P_a \Delta P_a - P_T \Delta P_T}{\pi_y - \sum_{u=1}^U P_u - P_a - P_T} \right) \right) \quad (66)$$

On déduit de ce résultat que la précision d'estimation de  $J_{tot} / S_u$  dépend  
 5 des contributions relatives de signal et de brouilleur en sortie échantillonnée du BFN  
 de communication.

Plus précisément, pour des résidus de brouillage très forts devant les  
 stations (soit à cause d'une absence d'antibrouillage, soit à cause d'un antibrouillage  
 peu performant, en présence d'un brouillage fort en entrée), on déduit de (66) que la  
 10 précision sur  $J_{tot} / S_u$  est donnée par

$$\Delta(J_{tot} / S_u)_{dB} = 10 \log_{10} \left( (1 + \Delta \pi_y) / (1 + \Delta P_u) \right) = \Delta(\pi_y)_{dB} - \Delta(P_u)_{dB} \quad (67)$$

#### Application numérique :

15 Dans ces conditions,  $\Delta(J_{tot} / S_u)_{dB} \approx \pm 3.4$  dB.

En revanche, pour des résidus de brouillage très faibles devant les  
 stations (soit à cause d'une absence de brouillage, soit à cause d'un antibrouillage  
 performant), la puissance totale est proche de celle des utiles et l'erreur peu devenir  
 très importante.

#### 20 H . Précision d'estimation de $J_{tot} / S_{tot}$

L'estimation,  $Est[J_{tot} / S_{tot}]$ , de  $J_{tot} / S_{tot}$  s'écrit

$$Est[J_{tot} / S_{tot}] \triangleq (J_{tot} / S_{tot}) (1 + \Delta(J_{tot} / S_{tot})) = \hat{J}_{tot} / \sum_{u=1}^U \hat{P}_u \quad (67a)$$

$$= \frac{\pi_y (1 + \Delta\pi_y) - \sum_{u=1}^U P_u (1 + \Delta P_u) - P_a (1 + \Delta P_a) - P_T (1 + \Delta P_T)}{\sum_{u=1}^U P_u (1 + \Delta P_u)} \quad (67b)$$

d'où

$$(1 + \Delta(J_{tot} / S_{tot})) = \left[ \sum_{u=1}^U P_u / \sum_{u=1}^U P_u (1 + \Delta P_u) \right] \times$$

$$(1 + \frac{\pi_y \Delta\pi_y - \sum_{u=1}^U P_u \Delta P_u - P_a \Delta P_a - P_T \Delta P_T}{\pi_y - \sum_{u=1}^U P_u - P_a - P_T}) \quad (68)$$

soit en dB

$$\Delta(J_{tot} / S_{tot})_{dB} = 10 \log_{10} \left( \left[ \sum_{u=1}^U P_u / \sum_{u=1}^U P_u (1 + \Delta P_u) \right] \right)$$

$$+ 10 \log_{10} \left( \left( 1 + \frac{\pi_y \Delta\pi_y - \sum_{u=1}^U P_u \Delta P_u - P_a \Delta P_a - P_T \Delta P_T}{\pi_y - \sum_{u=1}^U P_u - P_a - P_T} \right) \right) \quad (69)$$

10 On déduit de ce résultat que la précision d'estimation de  $J_{tot} / S_{tot}$  dépend des contributions relatives de signal et de brouilleur en sortie échantillonnée du BFN de communication.

15 Plus précisément, pour des résidus de brouillage très forts devant les stations (soit à cause d'une absence d'antibrouillage, soit à cause d'un antibrouillage peu performant, en présence d'un brouillage fort en entrée), on déduit de (69) que la précision sur  $J_{tot} / S_{tot}$  est donnée par

$$\Delta(J_{tot} / S_{tot})_{dB} = 10 \log_{10} \left( (1 + \Delta\pi_y) \left[ \sum_{u=1}^U P_u / \sum_{u=1}^U P_u (1 + \Delta P_u) \right] \right) =$$

$$\Delta(\Delta\pi_y)_{dB} + 10 \log_{10} \left( \left[ \sum_{u=1}^U P_u / \sum_{u=1}^U P_u (1 + \Delta P_u) \right] \right) \quad (70)$$

ce qui redonne (67) si toutes les stations ont même précision.

Application numérique :

Dans ces conditions, à partir des exemples précédents,  $\Delta(J_{tot} / S_{tot})_{dB} \approx \pm 3.4$  dB.

- 5            En revanche, pour des résidus de brouillage très faibles devant les stations (soit à cause d'une absence de brouillage, soit à cause d'un antibrouillage performant), la puissance totale est proche de celle des utiles et l'erreur peu devenir très importante.

10    **Exemple de mise en œuvre du procédé dans un système de communications**

Le procédé dont les étapes ont été exposées ci-dessus, est par exemple utilisé dans un système comportant une base située au sol et comprenant un ordinateur programmé à mettre en œuvre les fonctions détaillées ci-après, la base étant en liaison, par des moyens connus de l'Homme du métier, avec un ou  
15 plusieurs satellites équipés de chaînes telles que celles décrites aux figures 5 et 6.

La figure 7 représente un synoptique d'un exemple de séquençement d'opérations. Deux séquençements d'opération sont possibles suivant que l'on souhaite estimer les quantités  $J_{tot} / S_{tot}$  et  $J_{tot} / S_u$  relatives à la bande B de réception ou au contraire la quantité  $J_u / S_u$  relative à la bande de la station  $u$ . On parlera de  
20 Vérification par canal dans le premier cas et de vérification par station dans le second.

Pour une Vérification par canal, le procédé exécute les opérations représentées par un Trait plein sur la figure 7. A partir du sol et pour une bande de réception B, il exécute les fonctions suivantes :

- 25            - *Mesure Puissance Voie Com* : dont le but est d'estimer la puissance totale disponible en sortie de la chaîne de numérisation du BFN de communications pour le jeu de pondérations appliqué et de l'envoyer au sol. Cette fonction est une fonction Bord paramétrée du Sol par la fonction *Param VAA Bord*, implémentée par exemple dans un ordinateur,  
30            - *Gain VAA* : dont le but est d'optimiser, à partir des résultats de la fonction *Mesure Puissance Voie Com*, le gain de la chaîne de numérisation de la

sortie du BFN de communication à utiliser par les fonctions bord. Cette fonction est une fonction Sol,

- *Mesure Puissance Voie Com* : dont le but est d'estimer et d'envoyer au sol la puissance totale disponible en sortie de la chaîne de numérisation du BFN de communications pour le jeu de pondérations appliqué et pour le gain optimisé précédemment,...
- *Traitement VAA* : dont le but est d'estimer les quantités  $J_{tot} / S_{tot}$  et  $J_{tot} / S_u$  relatives à la bande de réception B. Cette fonction est une fonction Sol.

Pour une Vérification par station, le procédé exécute les opérations représentées en Trait pointillé sur la figure 7. A partir du sol et pour une bande de réception B, il exécute les fonctions suivantes :

- *Mesure Puissance Voie Com* : dont le but est d'estimer la puissance totale disponible en sortie de la chaîne de numérisation du BFN de communications pour le jeu de pondérations appliqué et de l'envoyer au sol. Cette fonction est une fonction Bord paramétrée du Sol par la fonction *Param VAA Bord*
- *Gain VAA* : dont le but est d'optimiser, à partir des résultats de la fonction *Mesure Puissance Voie Com*, le gain de la chaîne de numérisation de la sortie du BFN de communication à utiliser par les fonctions bord. Cette fonction est une fonction Sol
- *Acquisition Voie Com* : dont le but est d'acquérir et d'envoyer au sol les échantillons disponibles en sortie de la chaîne de numérisation du BFN de communications pour le jeu de pondérations appliqué et pour le gain optimisé précédemment. Cette fonction est une fonction Bord paramétrée du Sol par la fonction *Param VAA Bord*
- *Traitement VAA* : dont le but est d'estimer les quantités  $J_u / S_u$  relatives aux stations u. Cette fonction est une fonction Sol.

#### **Fonction Param VAA Bord**

Sur réception de la demande de vérification de l'efficacité de l'antibrouillage, est lancée la fonction *Param VAA Bord* dont le rôle est d'élaborer

les paramètres nécessaires aux fonctions *Mesure puissance voie com* ou *Acquisition voie com*. Ces paramètres sont :

- l'identifiant de la couverture considérée du satellite
- l'identifiant du canal fréquentiel de bande  $B$  considéré
- 5 - le gain de la chaîne de numérisation de la sortie du BFN de communication à utiliser par la fonction *Mesure Puissance voie com* ou *Acquisition voie com*. Nominale ce gain est réglé à sa valeur minimale
- la fonction à lancer : *Mesure Puissance voie com* ou *Acquisition voie com*

#### **Fonction Mesure Puissance Voie Com**

- 10 La fonction Mesure Puissance Voie Com a pour buts :
- d'estimer la puissance disponible en sortie de la chaîne de numérisation du BFN de communication (expression (25))
  - d'envoyer le résultat au sol.

#### **Fonction Acquisition Voie Com**

- 15 La fonction Acquisition Voie Com a pour buts :
- d'acquérir les échantillons de la sortie du BFN de communication
  - d'envoyer les échantillons au sol.

#### **Fonction Gain VAA**

- 20 A partir des résultats de la fonction Mesure Puissance Voie Com, la fonction Gain VAA a pour but d'optimiser le gain,  $G_x$ , de la chaîne de numérisation de la sortie du BFN de communication de manière à exploiter au mieux la dynamique de codage du CAN sans saturer celui-ci. Plus précisément, ce gain est calculé à partir des résultats de Mesure Puissance Voie Com,  $P_{sortie}$ , du gain initial des chaînes de réception,  $G_{init}$ , et des caractéristiques du CAN (Gain du CAN  $G_{can}$ ,  
25 Puissance maximale admissible en entrée avec la marge de 10 dB prise en compte  $P_{max}$ ).

Si on considère que le gain de la chaîne de numérisation doit être nécessairement compris entre  $X$  et  $Y$  dB alors la fonction met en œuvre les traitements suivants :

- 30
- Calcul de la puissance associée à l'entrée du CAN :  $P_{entree} = P_{sortie} / G_{can}$
  - Comparaison de  $P_{entree}$  et  $P_{max}$  :  $\Delta P = P_{max} - P_{entree}$

- Calcul du gain de la chaîne de numérisation
- Si  $\Delta P \geq 0$ ,  $G_x = \text{Inf}[G_{init} + \Delta P, Y \text{ dB}]$
- Si  $\Delta P < 0$ ,  $G_x = \text{Sup}[G_{init} + \Delta P, X \text{ dB}]$

#### **Fonction Traitement VAA**

5            Pour le mode vérification par canal, la fonction Traitement VAA met en œuvre les opérations décrites aux paragraphes IV.A à IV.F.

            Pour le mode vérification par station, la fonction Traitement VAA met en œuvre les opérations décrites au paragraphe IV.G.



## REVENDICATIONS

1 – Procédé de vérification de l'antibrouillage dans un système de communications comportant plusieurs capteurs ou antennes adaptatives caractérisé en ce qu'il  
5 comporte au moins les étapes suivantes :

- estimer la puissance moyenne de la sortie du système de communication,
- estimer les puissances respectives d'une station  $u$ ,  $P_u$ , ou  $P'u$ , du bruit antenne  $P_a$  ou  $P'a$ , du bruit thermique  $P_T$ , ou  $P'T$ ,
- estimer au moins un des rapports suivants :

$$10 \quad J_{tot}/S_{tot} = \left( \sum_{p=1}^P P_p \right) / \left( \sum_{u=1}^U P_u \right) \quad (22)$$

$$J_{tot}/S_u = \left( \sum_{p=1}^P P_p \right) / P_u \quad (23)$$

$$J_u/S_u = \left( \sum_{p=1}^P P_{pu} \right) / P_u \quad (24)$$

15 ◦ comparer au moins un des trois rapports à une valeur seuil.

2 – Procédé de vérification selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte au moins une étape d'estimation de la puissance moyenne  $\hat{\pi}_y$ , à partir d'un nombre  $K$  d'échantillons,  $y(k)$ ,  $1 \leq k \leq K$ , donné par

20

$$\hat{\pi}_y \triangleq \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K |y(k)|^2 \quad (25)$$

3 – Procédé de vérification selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte une étape d'estimation  $\hat{P}_u$ ,  $\hat{P}'_u$  de la puissance  $P_u$ ,  $P'_u$  en utilisant d'une part, la  
25 connaissance a priori des paramètres  $w$  et  $G_{num}$  pour une application numérique des

filtres adaptatifs et  $|\alpha|^2$ ,  $w$  et  $G$  pour une application analogique des filtres et d'autre part l'estimation des paramètres  $\pi_u$  et  $S_u$ .

- 5 4 – Procédé de vérification selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte une estimation  $\hat{P}_a, \hat{P}'_a$  de la puissance  $P_a, P'_a$  en utilisant d'une part, la connaissance a priori des paramètres  $w$  et  $G_{num}$  pour une application numérique des filtres adaptatifs et  $|\alpha|^2$ ,  $w$  et  $G$  pour une application analogique de ces filtres et d'autre part l'estimation du paramètre  $\eta_a$ .

10

- 5 – Procédé de vérification selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte une étape d'estimation  $\hat{P}_T, \hat{P}'_T$  de la puissance  $P_T, P'_T$  en utilisant la connaissance a priori des paramètres  $w$  et  $G_{num}$  pour une application numérique des filtres adaptatifs et  $|\alpha|^2$  pour une application analogique des filtres et d'autre part l'estimation du paramètre  $\eta_T$ .

15

- 6 – Procédé de vérification selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4 et 5 caractérisé en ce qu'il comporte d'estimation  $\hat{J}_{tot} / \hat{S}_{tot}$ , du rapport  $J_{tot}/S_{tot}$  donnée par

20

$$\hat{J}_{tot} / \hat{S}_{tot} = (\hat{\pi}_y - \sum_{u=1}^U \hat{P}_u - \hat{P}_a - \hat{P}_T) / (\sum_{u=1}^U \hat{P}_u) \quad (26)$$

- 7 – Procédé de vérification selon les revendications 1, 2, 3, 4 et 5 caractérisé en ce qu'il comporte une étape d'estimation  $\hat{J}_{tot} / \hat{S}_u$ , du rapport  $J_{tot}/S_u$ , donnée par

25

$$\hat{J}_{tot} / \hat{S}_u = (\hat{\pi}_y - \sum_{u=1}^U \hat{P}_u - \hat{P}_a - \hat{P}_T) / \hat{P}_u \quad (27)$$

8 - Procédé de vérification selon les revendications 1, 2, 3, 4 et 5 caractérisé en ce qu'il comporte une étape d'estimation  $\hat{J}/\hat{S}_u$ , du rapport  $J/S_u$  en utilisant la puissance totale de brouilleurs résiduels dans la bande  $B_u$  de la station utile  $u$  donnée par

$$5 \quad \hat{J}/\hat{S}_u = (\hat{\pi}_{yu} - \hat{P}_u - \sum_{v \neq u} \hat{P}_{vu} - \hat{P}_{au} - \hat{P}_{Tu}) / \hat{P} \quad (28)$$

9 - Procédé de vérification selon l'une des revendications 1 à 8 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de détermination de la précision d'estimation et on utilise cette valeur pour fixer le seuil.

10

10 - Système de vérification de l'antibrouillage dans un système de communications comportant plusieurs capteurs ou antennes adaptatives, une station au sol et un dispositif de pilotage caractérisé en ce qu'il comporte au moins les éléments suivants : pour une vérification par canal, à partir du sol et pour une bande de  
15 réception B, un calculateur intégré dans la station sol et un calculateur embarqué, les deux calculateurs étant programmés pour exécuter les étapes suivantes :

*Mesure Puissance Voie Comm* : fonction Bord paramétrée du Sol par la fonction *Param VAA Bord*,

*Gain VAA* : fonction Sol,

20 *Mesure Puissance Voie Com* : fonction bord

*Traitement VAA* : fonction Sol.

11 - Système de vérification de l'antibrouillage dans un système de communications comportant plusieurs capteurs ou antennes adaptatives, une station au sol et un  
25 dispositif de pilotage caractérisé en ce qu'il comporte au moins les éléments suivants Pour une Vérification par station, un calculateur embarqué et un calculateur au sol, les calculateurs étant programmés pour exécuter les fonctions suivantes :

*Mesure Puissance Voie Com* : fonction Bord paramétrée du Sol par la fonction *Param VAA Bord*

30 *Gain VAA* : fonction Sol

*Acquisition Voie Com* : fonction Bord paramétrée du Sol par la fonction *Param VAA*  
*Bord*

*Traitement VAA* : fonction Sol.

- 5 12 – Utilisation du procédé selon l'une des revendications 1 à 9 ou du système selon l'une des revendications 10 et 11 à un système de communications spatiales.

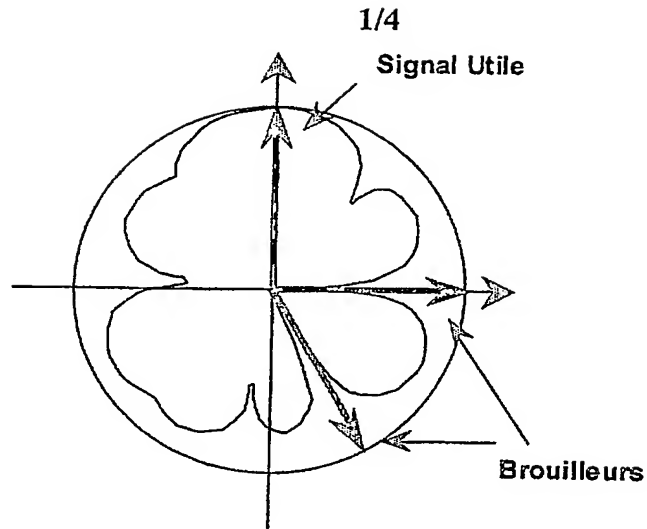


FIG.1

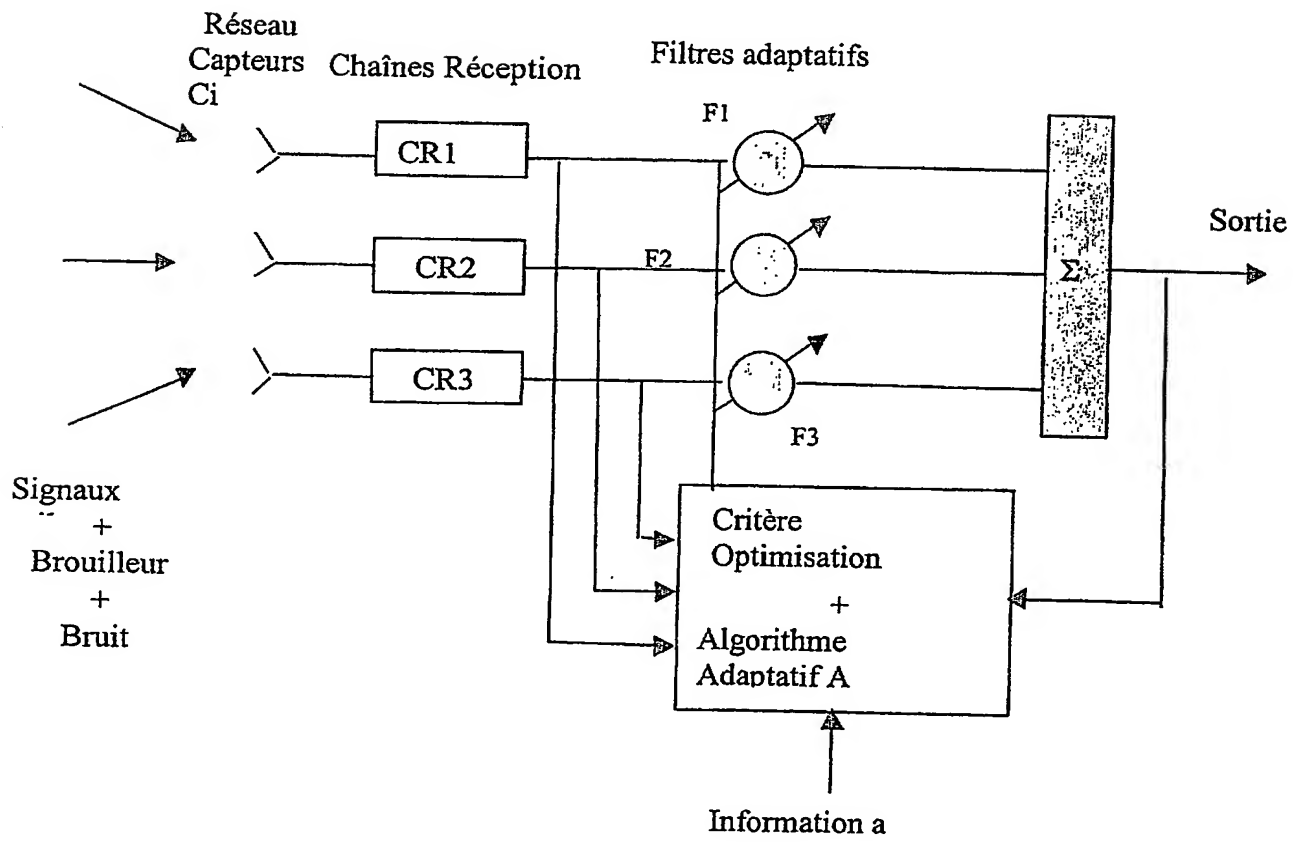


FIG.2

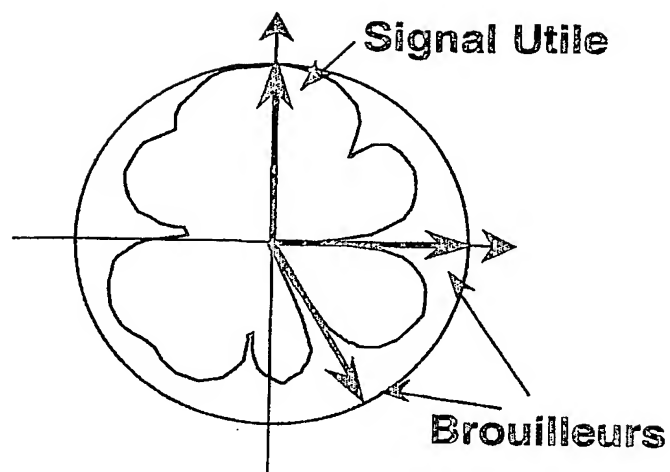


FIG. 1

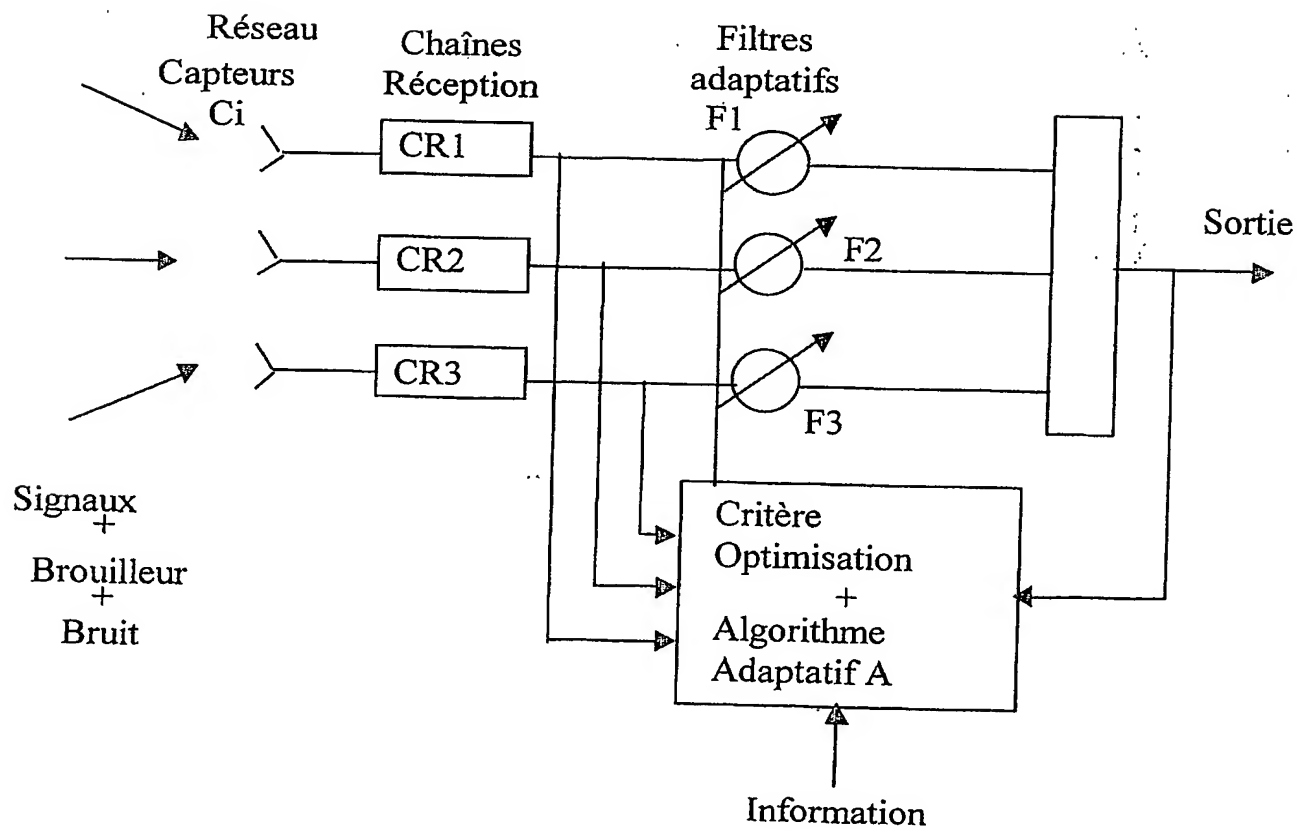


FIG. 2

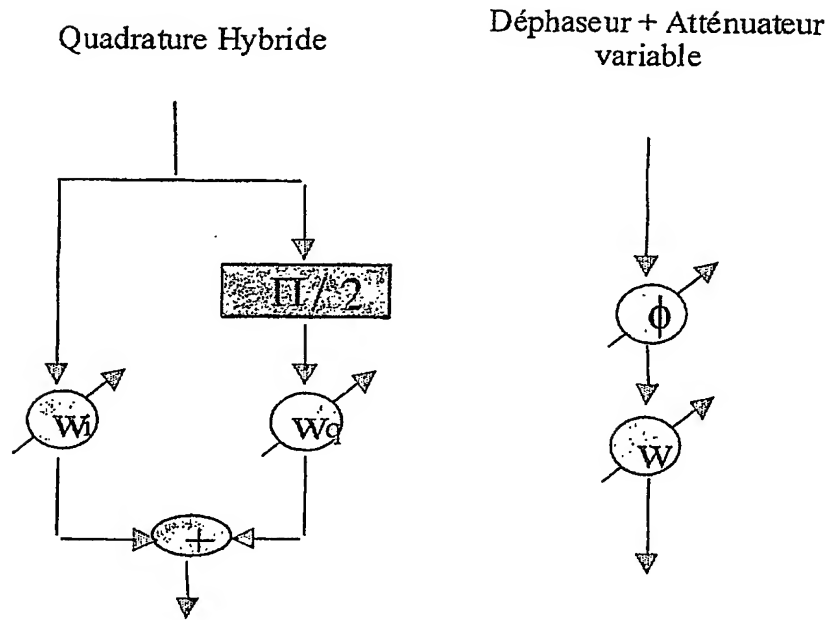


FIG.3

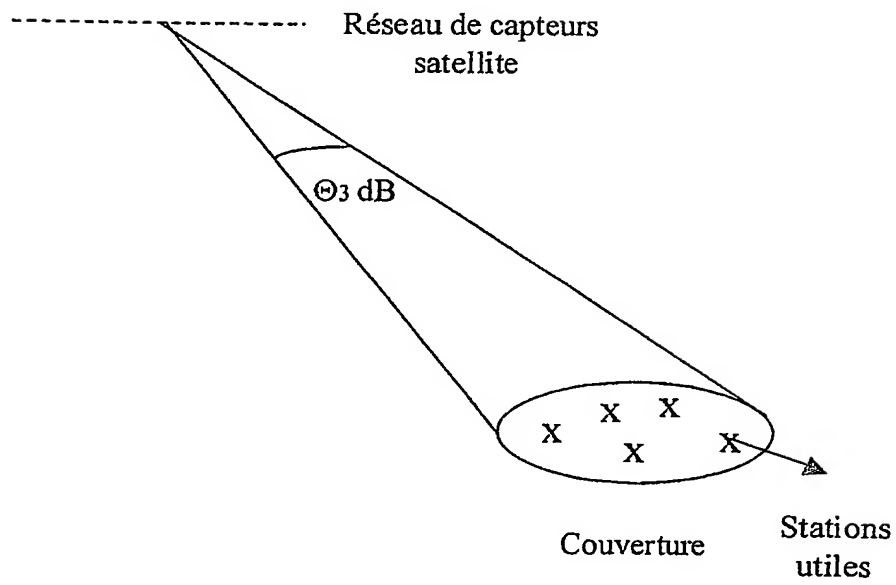


FIG.4

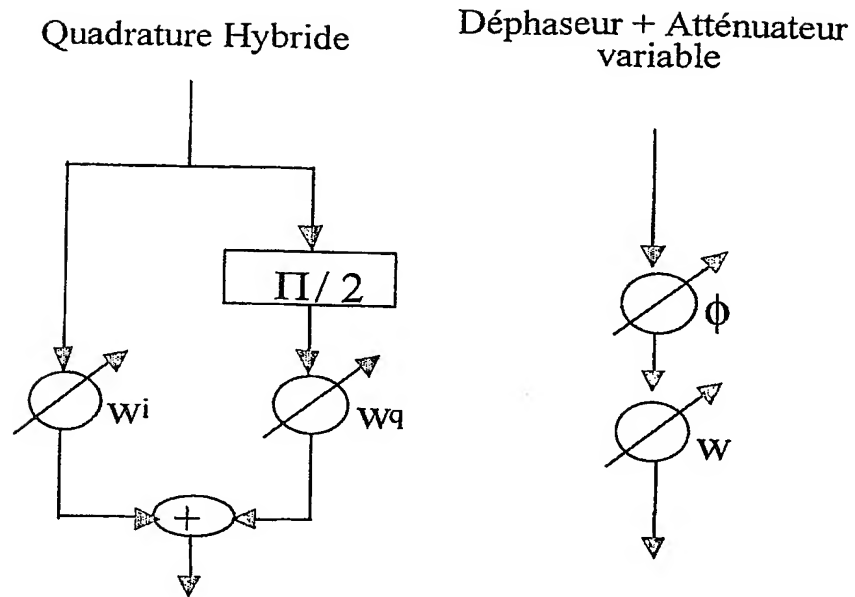


FIG.3

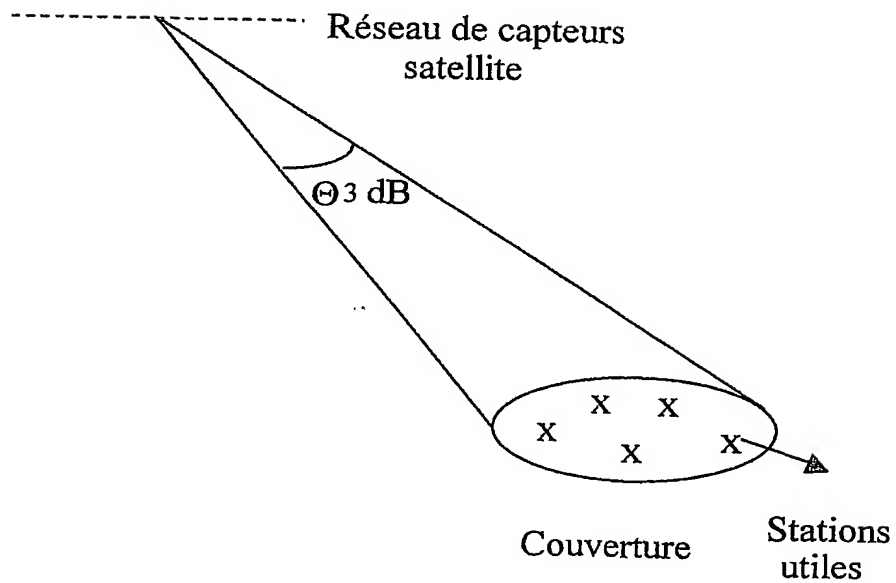


FIG.4



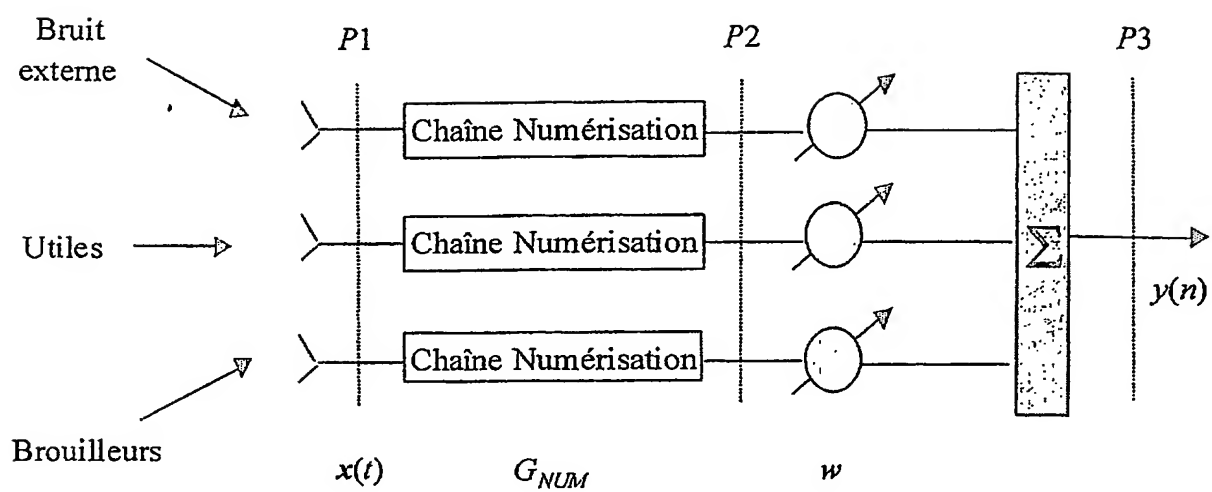


FIG.5

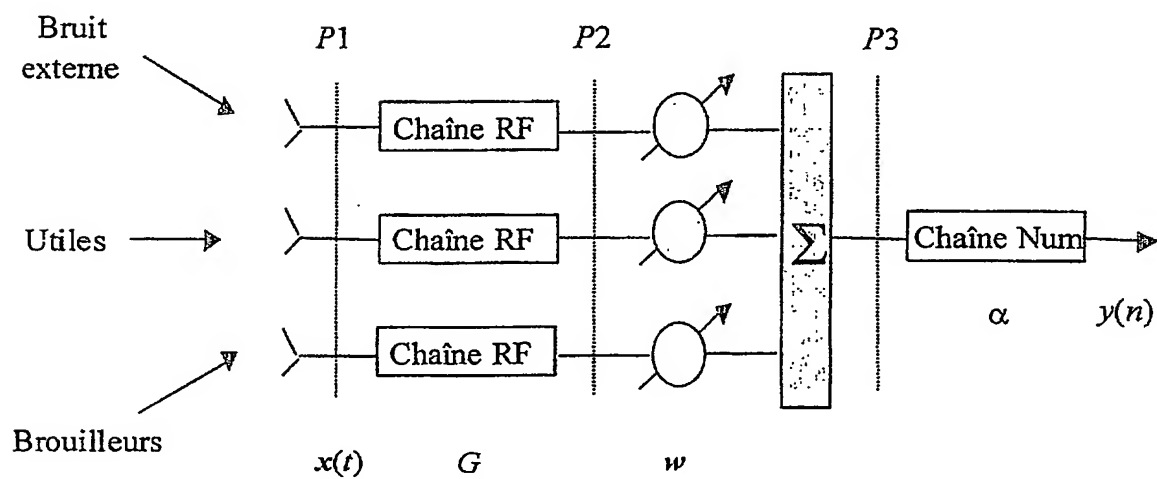


FIG.6

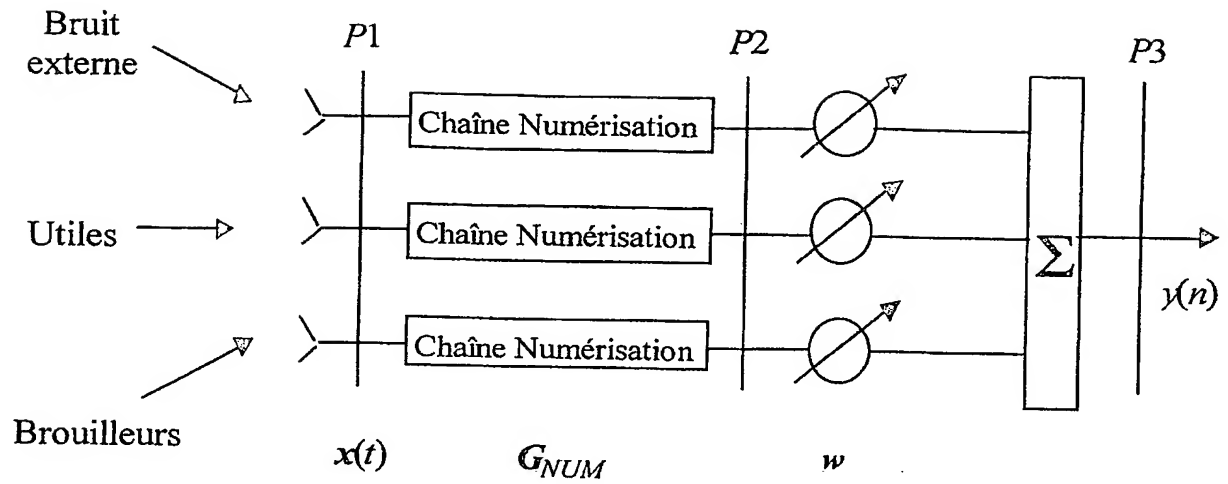


FIG.5

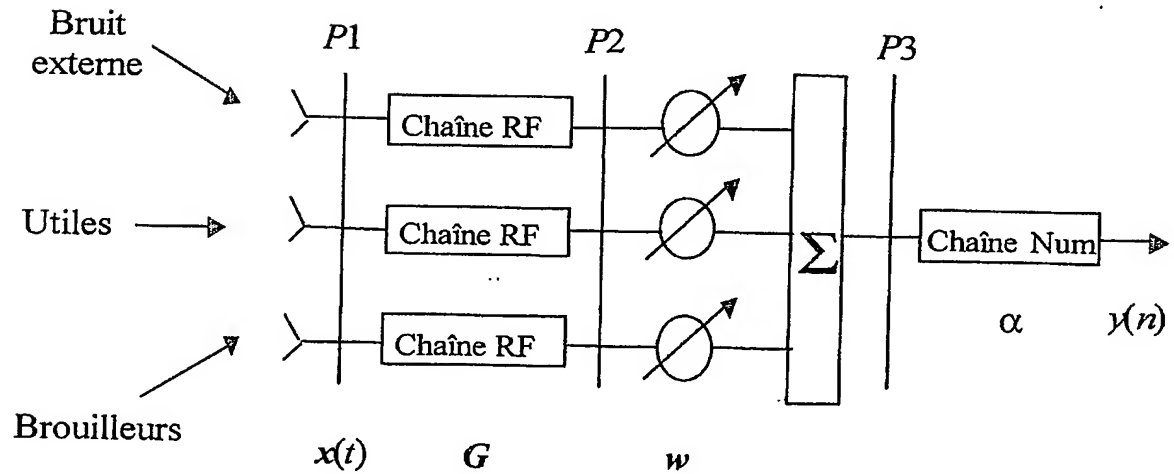


FIG.6

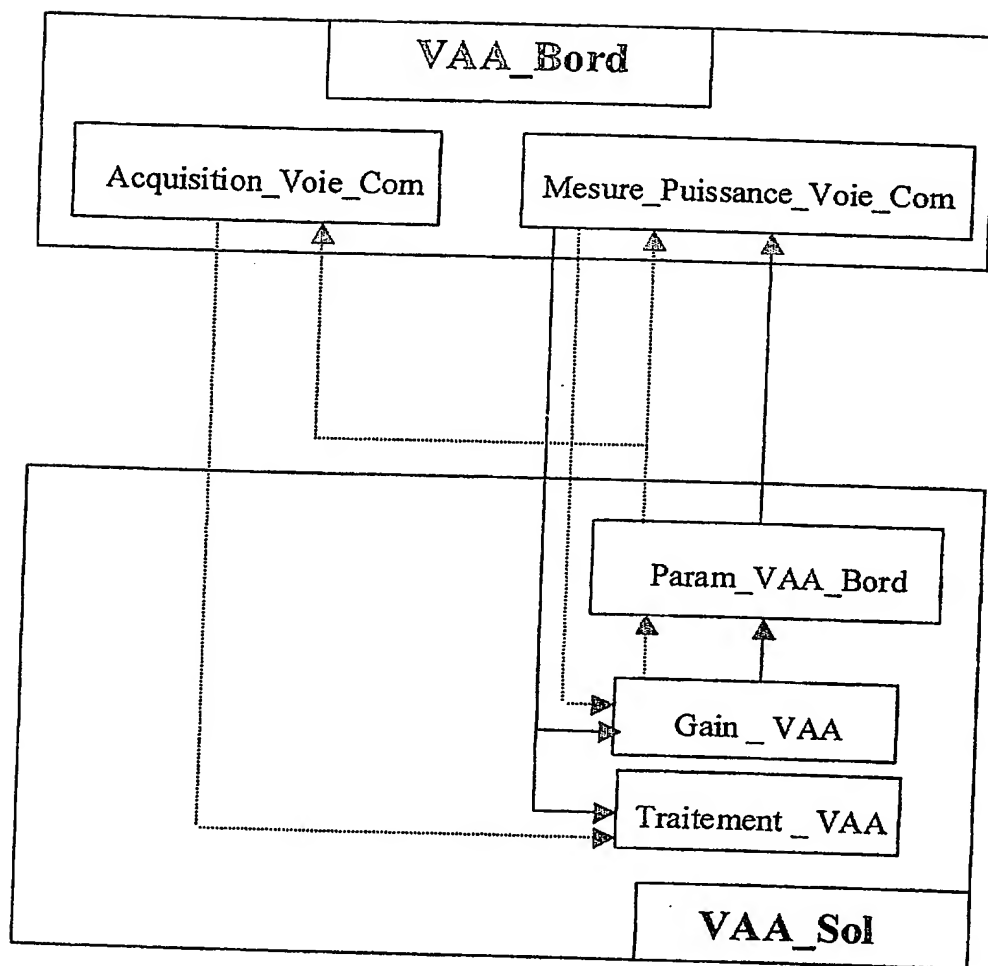


FIG.7

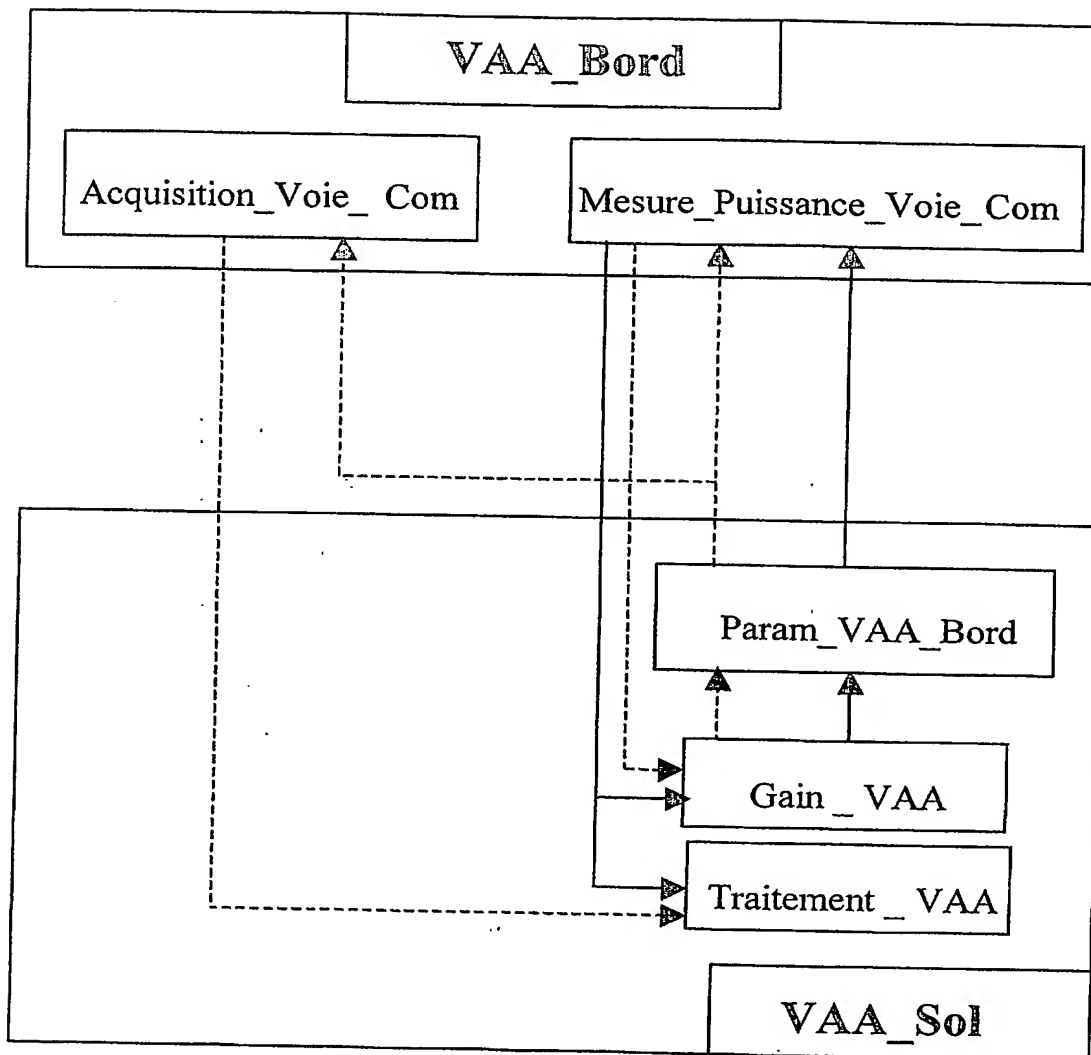


FIG.7

DÉPARTEMENT DES BREVETS

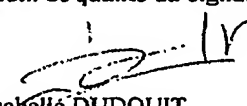
26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260599

Vos références pour ce dossier (facultatif)		62318	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0214685	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE DE VERIFICATION DE L'EFFICACITE DE L'ANTIBROUILLAGE D'UN SYSTEME DE COMMUNICATIONS			
LE(S) DEMANDEUR(S) : THALES			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		CHEVALIER	
Prénoms		Pascal	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		COL	
Prénoms		Béatrice	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		LASNIER	
Prénoms		Béatrice	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		 Isabelle DUDOUIT	